

# **PENGUJIAN KARAKTERISTIK BETON DENGAN MENGGUNAKAN BAHAN TAMBAH BENDRAT**

Indra Hermawan,<sup>1)</sup> Crisna Djaja Mungok,<sup>2)</sup> Cek Putera Handalan<sup>2)</sup>

## **Abstrak**

*Pembangunan di bidang konstruksi mengharuskan perencanaan yang kuat dan ekonomis. Beton merupakan campuran antara semen Portland dengan agregrat kasar, agregrat halus, air dengan atau tanpa bahan tambahan yang akan membentuk massa padat. Pengerasan ini terjadi karena peristiwa kimia antara semen dan air.*

*Dalam pembuatan benda uji metode yang digunakan yaitu Metode SNI, dengan kuat tekan rencana 25 MPa. Semen yang digunakan adalah semen PCC. Benda uji yang berbentuk silinder dengan  $\varnothing 15$  cm dan tinggi 30 cm dan benda uji balok dengan ukuran 60 cm x 15 cm x 15 cm. Terdapat empat variasi sampel beton yaitu beton dengan campuran 0 kg/m<sup>3</sup>, 20 kg/m<sup>3</sup>, 30 kg/m<sup>3</sup> dan 40 kg/m<sup>3</sup> kawat bendrat. Pengujian/pengetesan benda uji meliputi uji kuat tekan, uji tarik belah, uji kuat lentur dan uji modulus elastisitas.*

*Dari hasil penelitian nilai kuat tekan karakteristik beton umur 28 hari, beton dengan penambahan 20 kg/m<sup>3</sup> kawat bendrat di dapat hasil 29,02 MPa, beton dengan penambahan 30 kg/m<sup>3</sup> kawat bendrat di dapat hasil 28,60 MPa dan beton dengan penambahan 40 kg/m<sup>3</sup> kawat di dapat hasil 29,64 MPa. Nilai kuat tarik belah rata-rata umur 28 hari, beton dengan penambahan 0 kg/m<sup>3</sup> kawat bendrat di dapat hasil 3,28 MPa, beton dengan penambahan 20 kg/m<sup>3</sup> kawat bendrat di dapat hasil 3,65 MPa, beton dengan penambahan 30 kg/m<sup>3</sup> kawat bendrat di dapat hasil 3,92 MPa dan beton dengan penambahan 40 kg/m<sup>3</sup> kawat bendrat di dapat hasil 4,27 MPa. Nilai kuat lentur rata-rata umur 28 hari, beton dengan penambahan 0 kg/m<sup>3</sup> kawat bendrat di dapat hasil 4,31 MPa, beton dengan penambahan 20 kg/m<sup>3</sup> kawat bendrat di dapat hasil 4,49 MPa, beton dengan penambahan 30 kg/m<sup>3</sup> kawat bendrat di dapat hasil 4,81 MPa dan beton dengan penambahan 40 kg/m<sup>3</sup> kawat bendrat di dapat hasil 5,16 MPa. Nilai modulus elastisitas rata-rata umur 28 hari, beton dengan penambahan 0 kg/m<sup>3</sup> kawat bendrat di dapat hasil 22259,22 MPa, beton dengan penambahan 20 kg/m<sup>3</sup> kawat bendrat di dapat hasil 22993,31 MPa, beton dengan penambahan 30 kg/m<sup>3</sup> kawat bendrat di dapat hasil 22947,70 MPa dan beton dengan penambahan 40 kg/m<sup>3</sup> kawat bendrat di dapat hasil 22650,60 MPa.*

Kata kunci: kawat bendrat, kuat tekan beton, tarik belah, kuat lentur, modulus elastisitas.

## **1. PENDAHULUAN**

Pada saat ini pembangunan, hampir semua struktur bangunan di Indonesia dan Mancanegara menggunakan beton sebagai bahan utama konstruksi. Hal ini dikarenakan bahan dasar beton mudah diperoleh dan mudah di bentuk baik ukuran maupun kekuatannya sesuai kebutuhan.

Pembangunan dibidang konstruksi mengharuskan perencanaan yang kuat dan ekonomis. Beton merupakan campuran antara semen Portland dengan agregrat kasar, agregrat halus, air

dengan atau tanpa bahan tambahan yang akan membentuk massa padat. Pengerasan ini terjadi karena peristiwa kimia antara semen dan air, hal ini terjadi dalam waktu yang relative panjang sehingga campuran beton tersebut selalu bertambah keras seiring bertambahnya umur beton.

Jika dibandingkan dengan bahan bangunan yang lain, beton mempunyai berbagai keunggulan, antara lain relatif lebih kuat terhadap gaya tekan, mudah pengerjaan dan perawatannya, mudah dibentuk sesuai kebutuhan, tahan

terhadap perubahan cuaca, lebih tahan terhadap api dan korosi. Namun demikian, beton juga memiliki berbagai kelemahan, antara lain kuat tarik yang rendah, dan pengerjaannya terkadang tidak mudah.

Berdasarkan uraian diatas, peneliti ingin mengetahui sejauh mana pengaruh pencampuran kawat bendrat terhadap kuat tekan, kuat uji tarik belah, modulus elastisitas dan kuat lentur beton, apakah penambahan kawat bendrat mampu meningkatkan kekuatan beton atau malah sebaliknya.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

Pembangunan kontruksi dalam beberapa dekade ini sangat banyak memakai beton, baik untuk gedung bertingkat atau untuk jalan. Beton mempunyai sifat mudah di bentuk, kuat tekan dapat kita rencanakan sendiri dan mempunyai durability yang baik juga memiliki kuat tarik belah yang rendah sehingga beton mudah retak.

Beton yang ditambah dengan bahan tambah serat disebut beton serat, karena ditambah serat maka menjadi komposit yang terdiri dari beton dan serat. Serat dapat berupa plastik, gelas/kaca, asbestos, baja atau dengan serat tumbuhan seperti ijuk, jerami dll. Menurut Kardiyono Tjokrodimulyo penambahan serat ke dalam beton untuk memperbaiki kuat tarik belah beton, mengingat kuat tarik belah beton sangat rendah yang merupakan salah satu kelemahan dari beton itu sendiri. Kuat tarik belah yang rendah mengakibatkan beton mudah retak, yang pada akhirnya mengurangi keawetan beton itu sendiri.

Ditambahnya serat ke dalam beton ternyata dapat menjadi lebih tahan terhadap retak. ACI (America Concrete Institute) memberikan definisi pada beton serat, yaitu suatu kontruksi yang tersusun dari bahan semen, agregat halus dan agregat kasar serta sejumlah kecil serat. Serat baja dapat berupa potongan–potongan kawat atau dibuat secara khusus dengan permukaan yang rata, bengkok atau lurus untuk memperkuat

daya cengkram terhadap beton. Serat baja akan lebih awet di dalam beton atau lebih tahan terhadap korosi. Dalam perencanaannya dan pemakaian di lapangan yang menjadi masalah pada penggunaan beton. Serat baja adalah masalah biaya, karena harga serat baja yang cukup mahal.

Beton serat baja telah banyak di aplikasikan pada kontruksi:

- a. *Spillway* pada bendungan untuk mengurangi kerusakan akibat *cavitasi*.
- b. Perkerasan jalan dan runway untuk mengurangi retak dan ketebalannya.
- c. Lantai – lantai pada bangunan *power plant* untuk mengurangi retak akibat getaran dan mengurangi ketebalannya dll.

Pemakaian bahan tambah serat bersifat untuk menambah kuat tarik belah pada beton dan mengurangi retak rambut (*micro crack*). Dengan adanya retak rambut lambat laun beton dapat di lalui udara atau air yang dapat membuat tulangan berkarat dan sangat mengurangi rasio luas permukaan tulangan, dengan sendirinya mengurangi ketahanan dari struktur beton itu sendiri. Sehingga akan menimbulkan biaya baru yang lebih besar untuk memperbaikinya di banding menggunakan beton serat.

Naaman dan Najm (1991) meneliti beton serat yang menggunakan serat baja. Penelitian ini menggunakan pull out serat baja dengan mortar semen. Dengan menggunakan tiga bentuk serat yang berbeda (lurus, deform dan berkait), penambahan *additive latex*, *fly ash* dan *microsilica*. Serat-serat berkait dan *deformed fibers* memiliki pullout resistance lebih tinggi dibandingkan dengan serat baja yang lurus. Hal ini dikarenakan sumbangan mekanis dari serat berkait dan *deformed fibers* dalam hal pullout resistance bisa mencapai seratus kali dari serat lurus atau rata.

Dari penelitian Soroushian dan Bayasi (1991) mengenai pengaruh

perbedaan bentuk serat baja didalam beton yaitu lurus, bergelombang dan berkait dengan aspek rasio 60 volume serat sebesar 2%. Dalam penelitian beliau disimpulkan serat baja bergelombang menghasilkan nilai slump lebih baik dari serat lurus atau berkait.

Beton serat umumnya diaplikasikan pada penampang yang tebal, termasuk pelat, penambahan dimensi terhadap pelat eksisting dan aplikasi shotcrete untuk perlindungan beton. Serat kawat bendrat adalah bahan tambah berupa serat baja, yang mempunyai tujuan untuk memperbaiki kuat tarik belah beton. Pada saat ini sudah banyak yang menggunakan beton serat baja.

Menurut Soroushin dan Bayasi (1991), ada beberapa jenis serat baja (serat baja) yang sering di gunakan:

#### a. Bentuk serat baja (Serat baja)

- Bergelombang (crimped).
- Bergerigi (idented).
- Berkait (hooked).
- Bundle (paddled).
- Double duo form.
- Kedua ujung di tekuk (enfarged end).
- Lurus (straight).
- Ordinary duo form.
- Tidak teratur (irregular).

#### b. Penampang serat baja (serat baja cross section).

- Lingkaran/kawat (round/wire).
- Persegi / lembaran (rectangular / sheet).
- Tidak teratur / bentuk di lelehkan (irregular / melt extrac).Fiber di lekatkan bersama dalam satu ikatan (fibers glued together into a bundled).

#### c. Serat Polypropelene

Adalah salah satu jenis serat plastik.Sifat serat ini adalah tidak menyerap air semen, modulus elastisitas

rendah, mudah terbakar, kurang tahan lama, dan titik lelehnyayang rendah.

#### d. Serat Kaca

Sifat serat ini adalah berat jenisnya rendah, modulus elastisitas kecil dan kurangnya terhadap pengaruh alkali.

#### e. Serat Asbestos

Ditinjau dari harganya serat ini relatif murah.Kelebihan lainnya adalah tahan terhadap panas, sehingga sering digunakan untuk membuat asbes lembaran, pipa maupungenteng.

#### f. Serat Kevlar

Serat ini mempunyai modulus elastisitas dan kuat tarik yang tinggi, tetapi harganya mahal sehingga jarang digunakan.

#### g. Serat Karbon

Serat ini juga relatif mahal.Serat ini sering dipakai untuk beton yang harusmempunyai ketahanan terhadap retak yang tinggi.

#### h. Serat Kawat

Serat ini banyak tersedia di Indonesia dan harganya yang murah.

Dalam ACI Comittee 544 dikatakan bahwa semua material yang terbuat dari baja/ besi yang berbentuk fisik kecil / pipih dan panjang dapat dimanfaatkan sebagai serat pada beton. Dalam ACI Comittee 544 secara umum fiber baja panjangnya antara 0,5 in (12,77mm) sampai 2,5 in (63,57 mm) dengan diameter antara 0,017 in (0,45 mm) sampai 0,04 in(1,0 mm).

Dosis penggunaan yang umum adalah 0,25 - 2% takaran volume atau sekitar 20 - 50 kg serat baja per meter kubik produksi beton. Serat sintetik adalah serat buatan yang diperoleh dari pengembangan produk petrokimia dan industri tekstil. Material ini di kenal dalam banyak jenis seperti acrylic, aramid, carbon, nylon, polyethylene, polypropylene. Serat sintetik umumnya

cocok digunakan untuk ketahanan terhadap retak, khususnya di umur dini (Braunch, J et.al, 2002).

Beton sangat tidak tahan terhadap tarik, sehingga pada perencanaan elemenstruktur daerah tarik beton dipasang tulangan. Pada kondisi beban normal dimana keretakanbeton belum terjadi maka elemen struktur akan tetap stabil. Tetapi pada beban yang besar kadang-kadang akan terjadi keretakan pada daerah tarik. Bila lebar / dalam retak cukupbesar maka tulangan akan menjadi tidak terlindung, sehingga terjadi kontak dengan udara. Akibatnya korosi akan segera terjadi, yang dalam proses waktu tertentu akan mengurangi kekuatan struktur balok tersebut.

Penambahan serat kawat bendrat pada beton diantaranya adalah untuk mengatasi masalah diatas. Serat kawat bendrat pada beton akan berfungsi sebagai tulangan mikro yang disebarkan secara merata dengan orientasi acak, sehingga dapat mencegah atau mengurangi terjadinya retakan-retakan beton akibat pembebanan maupun panas hidrasi.

Di dalam penelitian penulis menggunakan kawat bendrat yang mempunyai spesifikasi:

Tabel 1. Spesifikasi Serat Bendat

Panjang (l)	60 mm
Diameter (d)	1 mm
Ratio (l/d)	60
Perpanjangan Pada Saat Putus	5,5 %
Kuat Tarik	38,5 Mpa
Specific Gravity	7,70

### 3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini berupa percobaan yang dilakukan di Laboratorium Bahan dan Konstruksi Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura, Setelah dilakukan analisa bahan, maka dapat

dilakukan perhitungan campuran beton berdasarkan metode SNI.

Pekerjaan penelitian meliputi:

- Pemeriksaan material  
Pemeriksaan Agregat halus dan Agregat Kasar.
- Pembuatan sampel silinder berdiameter Ø15 cm dan tinggi 30 cm dengan jumlah sampel sebanyak 88 benda uji dan balok ukuran 15x15x60 cm sebanyak 12 buah. Dimana beton normal 22 buah silinder dan balok 3 buah, beton normal + 20 kg/m<sup>3</sup> kawat bendrat 22 buah silinder dan balok 3 buah, beton normal + 30 kg/m<sup>3</sup> kawat bendrat 22 buah silinder dan balok 3 buah, beton normal + 40 kg/m<sup>3</sup> kawat bendrat 22 buah silinder dan balok 3 buah.
- Pengadukan Campuran  
Adukan beton yang telah merata dituang kedalam tempat cetakan yang telah disiapkan, sebelumnya cetakan telah diolesi dengan Oli, dalam hal ini cetakan yang digunakan berbentuk silinder dengan ukuran Ø15 cm dan tinggi 30 cm dan balok ukuran 15x15x60 cm.
- Pengetesan Sampel  
Pengetesan sampel terbagi menjadi 2 yaitu:
  - Percobaan *slump* ini dilakukan untuk mengukur tingkat kelecakan dari beton segar.



Gambar 1. Kerucut Abraham

- Setelah melewati masa perawatan atau perendaman, benda uji perlu dikeluarkan untuk dipersiapkan guna test tekan silinder sesuai umur

harinya (3, 7, 14 dan 28 hari), kuat tarik belah umur 28 hari, modulus elastisitas umur 28 hari dan kuat lentur pada umur 28 hari.

#### 4. ANALISIS HASIL PENELITIAN

##### 4.1. Hasil Pengujian Slump

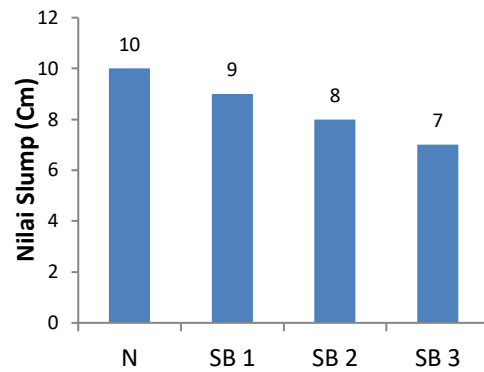
Tabel 2. Hasil pengujian Slump

No	Kode Benda uji	Tanggal Pembuatan	Slump (cm)
1	N	08 april 16	10
2	SB 1	20 april 16	9
3	SB 2	23 april 16	8
4	SB 3	26 april 16	7

N = Beton normal  
 SB 1 = Beton normal + 20 kg/m<sup>3</sup> kawat bendrat  
 SB 2 = Beton normal + 30 kg/m<sup>3</sup> kawat bendrat  
 SB 3 = Beton normal + 40 kg/m<sup>3</sup> kawat bendrat

Hasil pengujian slump dilakukan untuk mengetahui kemudahan dalam pengerjaan (workability) pada adukan beton, pada beton normal didapat hasil slump 10, sedangkan pada beton SB 1 di dapat hasil slump 9, SB 2 didapat hasil slump 8 dan pada SB 3 didapat slump 7.

Terlihat kecendrungan adanya penurunan slump pada beton serat seiring makin tingginya persentase pemakaian kawat bendrat walaupun tidak signifikan. Hal ini disebabkan karena adanya penambahan luas permukaan disebabkan adanya tambahan material berupa kawat bendrat.



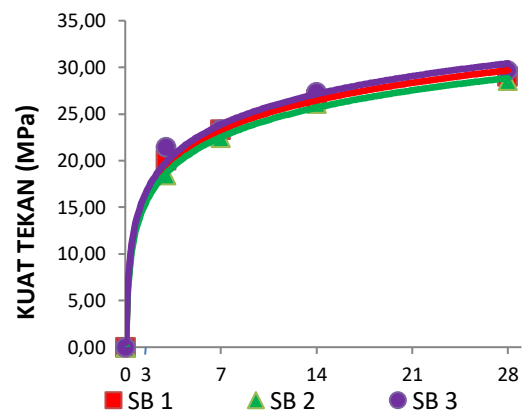
Gambar 2. Hasil Pengukuran Nilai Slump

##### 4.2. Hasil Pengujian Kuat Tekan

Pengujian ini dilaksanakan di Laboratorium Pengujian Bahan dan Konstruksi Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura Pontianak. Menggunakan mesin uji tekan (*compresing machine*) merk MBT kapasitas 2000 kN, dengan ketelitian 5 kN. Hasil pengujian dari kuat tekan dari masing-masing campuran *Kawat Bendrat* dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 3. Perbandingan Rata-Rata Kuat Tekan Karakteristik Beton

Umur	SB 1	SB2	SB 3
3	20,03	18,45	21,41
7	23,31	22,48	23,32
14	26,60	26,14	27,34
28	29,02	28,60	29,64

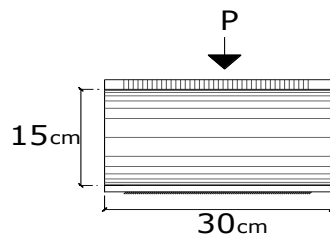


Gambar 3. Perbandingan Kuat Tekan Karakteristik Beton

Dari grafik dapat di lihat bahwa kuat tekan brton dengan tambahan kawat bendrat trus mengalami peningkatan seiring dengan bertambahnya umur dari beton yang diamati.

#### 4.3. Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah

Pengujian ini dilaksanakan di Laboratorium Pengujian Bahan dan Konstruksi Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura Pontianak.

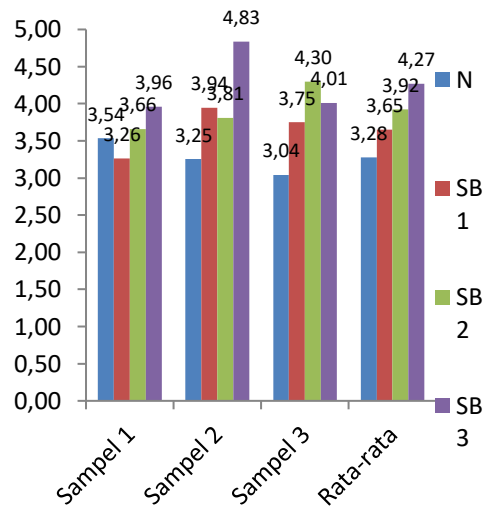


Gambar 4. Ilustrasi Benda Uji Kuat Tarik Belah

Hasil pengujian dari kuat tarik belah dari masing-masing campuran *Kawat Bendrat* dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4. Hasil Kuat Tarik Belah Beton

No	Kode	Berat (kg)	L (mm)	d (mm)	P (kN)	Kuat tarik Belah (MPa) $f_t = 20d / \pi \cdot l \cdot d$	Kuat tarik Belah rata-rata (MPa)	Persentase terhadap beton normal (%)
1	N	12,403	300	150	250	3,54	3,28	100,00%
2		12,467	300	150	230	3,25		
3		12,549	300	150	215	3,04		
4	SB 1	13,090	300	150	230,78	3,26	3,65	111,49%
5		13,120	300	150	278,81	3,94		
6		12,990	300	150	265,27	3,75		
7	SB 2	13,050	300	150	258,67	3,66	3,92	119,72%
8		12,950	300	150	269,49	3,81		
9		12,810	300	150	303,89	4,30		
10	SB 3	12,880	300	150	280,24	3,96	4,27	130,33%
11		12,630	300	150	341,86	4,83		
12		13,000	300	150	283,67	4,01		

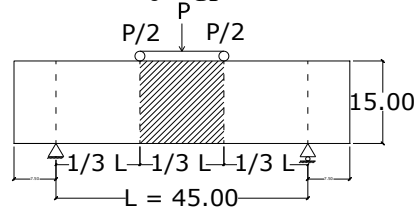


Gambar 5. Kuat Tarik Belah Karakteristik beton

Pada gambar 5 terlihat jelas adanya peningkatan terhadap kuat tekan dari beton normal dengan beton kawat bendrat. Untuk benda uji SB 1, adanya peningkatan sebesar 11,49 % dari 3,28 MPa menjadi 3,65 MPa, sedangkan benda uji SB 2, adanya peningkatan sebesar 19,72 % dari 3,28 MPa menjadi 3,92 MPa, sedangkan benda uji SB 3, adanya peningkatan sebesar 30,33 % dari 3,28 MPa menjadi 4,27 MPa.

#### 4.4. Hasil Pengujian Kuat Lentur

Pengujian ini dilaksanakan di Laboratorium Pengujian Bahan dan Konstruksi Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura Pontianak.



Gambar 6. Ilustrasi posisi balok pada saat pengujian kuat lentur

$$\sigma_1 = \frac{PL}{bh^2}$$

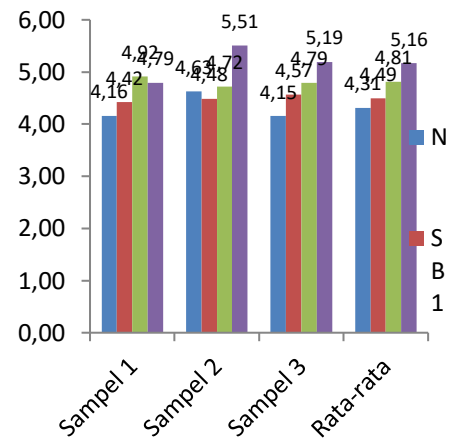
- **Fr** = Kuat lentur (MPa)
- **P** = Beban maksimum (kN)
- **L** = Jarak antara dua garis perletakan
- **B** = Lebar tampang patah arah horizontal (mm)
- **H** = Tinggi tampang patah arah vertikal (mm)

Dimana pada data tabel beton normal yang mendapatkan P sebesar 45 kN maka dengan rumus diatas didapat hasil sebesar 5,01 MPa. Adapun data dan hasil analisa pengujian kuat lentur selengkapnya adalah sebagai mana yang tertera di tabel berikut:

Tabel 5. Hasil Kuat Lentur Beton

No	Kode	Berat (kg)	L (mm)	b (mm)	h (mm)	P (kN)	Kuat Lentur (MPa) $\sigma = P \cdot L / b \cdot h^2$	Kuat Lentur rata-rata (MPa)	Persentase terhadap beton normal (%)
1	N	32,87	450	153	164	38	4,16	4,31	100,00%
2		32,59	450	152	158	39	4,63		
3		32,79	450	155	163	38	4,15		
4	SB 1	33,81	450	157	165	42	4,42	4,49	104,16%
5		34,46	450	153	164	41	4,48		
6		33,73	450	154	162	41	4,57		
7	SB 2	31,72	450	155	163	45	4,92	4,81	111,51%
8		32,55	450	157	169	47	4,72		
9		32,28	450	154	162	43	4,79		
10	SB 3	34,51	450	159	163	45	4,79	5,16	119,81%
11		33,06	450	153	155	45	5,51		
12		34,08	450	156	165	49	5,19		

Hasil pengujian kuat Lentur dari masing-masing campuran dapat dilihat pada grafik



Gambar 7. Perbandingan Pengujian Kuat Lentur Antar Variasi

Dari hasil pengujian kuat lentur, dapat diketahui bahwa penambahan kawat bendrat memberikan pengaruh yang positif untuk kuat lentur, pada saat pengujian kuat lentur beton normal langsung patah menjadi dua sesaat menerima beban maksimum dan adanya suara yang keras sedangkan pada beton kawat bendrat tidak patah, masih dapat menahan beban walaupun tidak maksimum pada saat di lakukan pembebanan ulang.

Pada pengujian diatas dapat dilihat adanya peningkatan terhadap kuat lentur dari beton normal dengan beton kawat bendrat. Untuk benda uji SB 1, adanya peningkatan sebesar 4,16 % dari 4,31 MPa menjadi 4,49 MPa, sedangkan terhadap benda uji SB 2 terjadi peningkatan sebesar 11,51 % dari 4,31 MPa menjadi 4,81 MPa dan terhadap benda uji SB 3 terjadi peningkatan sebesar 19,81 % dari 4,31 MPa menjadi 5,16 MPa.

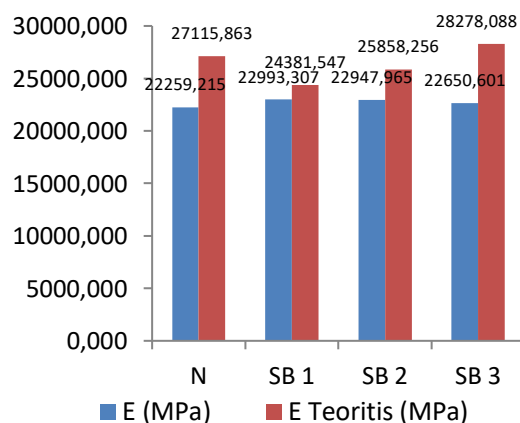
#### 4.5. Hasil Pengujian Modulus Elastisitas

Modulus elastisitas beton adalah nilai tegangan dibagi regangan beton dalam kondisi elastis.

Berikut ini adalah hasil pengujian modulus elastisitas untuk mengetahui perilaku nilai regangan yang terjadi pada setiap tegangan yang diberikan.

Tabel 6. Hasil Rata-Rata Pengujian Modulus Elastisitas Beton

Sample	E (MPa)	E Teoritis (MPa)
N	22259,215	27115,863
SB 1	22993,307	24381,547
SB 2	22947,965	25858,256
SB 3	22650,601	28278,088



Gambar 8. Hasil Rata-Rata Pengujian Modulus Elastisitas Beton

#### 5. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan di laboratorium dan analisis data terhadap kuat tekan, tarik belah, kuat lentur dan modulus elastisitas beton normal dan beton normal ditambah kawat bendrat maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

- Penambahan kawat bendrat dapat mengurangi *workability* walaupun

tidak terlalu signifikan pada beton mutu normal.

- Nilai kuat tekan beton kawat bendrat dapat mencapai kuat tekan rencana meskipun kuat tekannya lebih rendah dari beton normal. Nilai rata-rata kuat tekan pada benda uji SB 1 sebesar 29,02 MPa, nilai rata-rata kuat tekan pada benda uji SB 2 sebesar 28,60 MPa dan nilai rata-rata kuat tekan pada benda uji SB 3 sebesar 29,64 MPa.
- Penambahan kawat bendrat dapat meningkatkan kuat tarik belah. Kuat tarik belah pada benda uji SB 1 terjadi peningkatan sebesar 11,49 %, pada benda uji SB 2 terjadi peningkatan sebesar 19,72 % dan pada benda uji SB 3 terjadi peningkatan kuat tarik belah optimum sebesar 30,33 %.
- Penambahan kawat bendrat dapat meningkatkan kuat lentur. Kuat lentur pada benda uji SB 1 terjadi peningkatan sebesar 2,97 %, pada benda uji SB 2 terjadi peningkatan sebesar 9,52 % dan pada benda uji SB 3 terjadi peningkatan kuat lentur optimum sebesar 13,70 %.
- Penambahan kawat bendrat dalam campuran beton ternyata tidak berpengaruh terhadap nilai modulus elastisitas. Di mana nilai rata-rata modulus elastisitas pada benda uji N sebesar 22259,22 MPa dengan rumus SNI sebesar 27115,86 MPa, nilai rata-rata modulus elastisitas pada benda uji SB 1 sebesar 22993,31 MPa dengan rumus SNI sebesar 24381,55 MPa, sedangkan nilai rata-rata modulus elastisitas pada benda uji SB 2 sebesar 22947,70



MPa dengan rumus SNI sebesar 25858,27 MPa dan nilai rata-rata modulus elastisitas pada benda uji SB 3 sebesar 22650,60 MPa, sedangkan menurut rumus SNI sebesar 28278,09 MPa.

- f. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa penambahan kawat bendrat memberikan dampak positif untuk pengujian kuat tekan, kuat tarik belah, kuat lentur, dan modulus elastisitas seperti hasil keempat kesimpulan di atas.

#### DAFTAR PUSTAKA

- ASTM. 1993. *ASTM C33-92a Concrete Aggregates*. Annual Book Of ASTM Standards Volume 04.02.
- Badan Standarisasi Nasional. 2004. *SNI 15-7064-2004 Semen Portland Komposit*. Jakarta: BSN.
- Departemen Pemukiman Dan Prasarana Wilayah Badan Penelitian Dan Pengembangan Pekerjaan Umum. 2002. *Metode, Spesifikasi Dan Tata Cara bagian 3 Beton, Semen, Perkerasan Beton Semen*. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.

Laboratorium Bahan dan Kontruksi Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura Pontianak. 2002. *Pedoman Pelaksanaan Pratikum Beton*. Pontianak.

Sukismo, 2015. *Studi Experimental Pengaruh Penambahan Stell Fiber Terhadap Uji Kuat Tekan Kuat Tarik Belah dan Kuat Lentur pada Campuran Beton Mutuf'c 25 MPa*.. Html 54-55. <http://eprints.uns.ac.id/8262/1/197881511201101431.pdf>

SNI 03 – 2834 – 2000, *Metode Perhitungan Campuran Beton*

SNI 03-2461-2002. 2001. *Spesifikasi Agregat Ringan Untuk Beton Ringan Struktural*. Jakarta.

SNI 03-2847-2002. 2002. *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung*. Bandung.

SNI 03-4431-1997. 1997. *Metode Pengujian Lentur Normal Dengan Dua Titik Pembebanan*.

<https://id.scribd.com/doc/225993357/doc/doctype-html-html-head-noscript-meta>